

**ANALISA TAHANAN ISOLASI PADA TRANSFORMATOR
DI GARDU INDUK 150 KV JEKULO**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi strata I
Pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik**

OLEH:

AGNES NITA WIJAYANTI

D400150036

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2019**

HALAMAN PERSETUJUAN

**ANALISA TAHANAN ISOLASI PADA TRANSFORMATOR
DI GARDU INDUK 150 KV JEKULO**

PUBLIKASI ILMIAH

OLEH :

AGNES NITA WIJAYANTI

D490150036

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Aris Budiman', with a small 'ACE' mark above it.

Aris Budiman, S.T., M.T

NIK.885

HALAMAN PENGESAHAN
ANALISA TAHANAN ISOLASI PADA TRANSFORMATOR
DI GARDU INDUK 150 KV JEKULO

OLEH

AGNES NITA WIJAYANTI

D400150036

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik Jurusan Teknik Elektro
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Rabu, 23 Januari 2019
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. Aris Budiman ,S.T, M.T

(.....)

(Ketua Dewan Penguji)

2. Penguji, Tindyo Prasetyo, S.T

(.....)

(Anggota I Dewan Penguji)

3. Penguji, Agus Supardi, S.T,M.T

(.....)

(Anggota II Dewan Penguji)

Dekan,



Sri Sunarjono, M.T, Ph. D

NIK. 628

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 17 Januari 2019

Penulis



AGNES NITA WIJAYANTI

D400150036

ANALISA TAHANAN ISOLASI PADA TRANSFORMATOR DI GARDU INDUK 150 kV JEKULO

Abstrak

Transformator daya merupakan suatu peralatan sistem tenaga listrik yang digunakan untuk mentransformasikan dari tegangan tinggi ke tegangan rendah. Salah satu bagian transformator yaitu isolasi. Seiring berjalannya waktu trafo harus ada pengujian yaitu pengujian isolasi agar mengurangi kegagalan operasi pada transformator. Pengujian isolasi tersebut terdiri dari menghitung indeks polarisasi untuk memastikan peralatan tersebut layak dioperasikan. Pengujian indeks polarisasi ialah membandingkan hasil tahanan setelah pengujian tegangan selama 10 menit dengan tahanan pada saat satu menit pertama, menghitung tangen delta bertujuan untuk mengetahui kualitas isolasi suatu peralatan listrik, dan yang terakhir menguji minyak bertujuan untuk mengetahui minyak masih dalam keadaan baik atau tidak. Hasil pengujian di gardu induk 150 KV Jekulo pada data indeks polarisasi memiliki rata-rata 1,25 - 2,0 yaitu masih dalam keadaan baik, pengujian tan delta juga masih dalam keadaan baik dibawah 0,5%, sedangkan untuk pengujian minyak trafo memiliki rata-rata 78,3 kV yang masih juga dalam keadaan baik dan pada minyak OLTC (*On Load Tap Changer*) memiliki rata-rata 80,1 kV yang masih dalam keadaan baik. Pada minyak trafo jika sudah tidak baik harus dilakukan penyaringan atau harus dilakukan pergantian sedangkan minyak jika berwarna coklat atau keruh menandakan minyak harus diganti.

Kata kunci: tahanan isolasi, indeks polarisasi, pengujian tangen delta, pengujian minyak

Abstract

A power transformer is an electrical power system equipment that is used to transform from high voltage to low voltage. One part of the transformer is insulation. Over time the transformer must be tested, namely insulation testing in order to reduce the operation failure on the transformer. The insulation test consists of calculating the polarization index to ensure the equipment is feasible to operate. Testing the polarization index is comparing the results of the prisoner after testing the voltage for 10 minutes with the detainee at the first minute, calculating the delta tangent to determine the quality of insulation of an electrical equipment, and to test the oil to find out whether the oil is still good or not. The results of testing at the 150 kV Jekulo substation on the polarization index data have an average of 1.25 - 2.0, which is still in good condition, tan delta testing is also still in a good condition below 0.5%, while for oil testing the transformer has an average of 78,3 kV which is still in good condition and in oil OLTC (*On Load Tap Changer*) has an average of 80.1 kV which is still in good condition. In transformer oil, if it is not good, filtering must be done or it must be replaced, while oil if brown or cloudy indicates oil must be replaced.

Keywords: insulation resistance, polarization index, delta tangent testing, oil testing.

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan listrik yang setiap waktu meningkat dan sekarang menjadi kebutuhan yang sangat penting bagi manusia. Dari tahun ke tahun kebutuhan listrik di Indonesia semakin meningkat, salah satunya yaitu bagi penerangan jalan maupun saat melakukan aktifitas di rumah. Untuk

memenuhi kebutuhan listrik yang semakin meningkat dibutuhkan juga sistem ketenagalistrikan yang handal, seperti transformator daya yang ada di gardu induk.

Transformator daya merupakan suatu mesin listrik statis yang berfungsi untuk menyalurkan daya untuk menaikkan atau menurunkan tegangannya sehingga dapat menyuplai tenaga listrik secara kontinyu (Fatra. 2014). Salah satu bagian trafo yang penting ialah isolasi nya. Seiring dengan kebutuhan listrik yang semakin meningkat maka transformator harus ada pengujian agar transformator tetap berfungsi dengan baik agar tidak terjadi kegagalan transformator. Hal yang dapat menyebabkan kegagalan transformator yaitu pengaruh suhu, pengaruh kelembaban, pengaruh umur (shrikant et al., 2015)

Di pengujian ini agar tidak terdapat kerusakan isolasi yaitu dengan indeks polarisasi ialah untuk memastikan pelatan tersebut layak dioperasikan, pengujian ini membandingkan hasil tahanan setelah pengujian tegangan selama 10 menit dengan tahanan pada saat satu menit pertama, pengujian tangen delta untuk mengetahui kelayakan isolasi trafo dan di pengujian ini beberapa jenis pengujian yaitu GST (*Grounded Specimen Test*), UST (*Ungrounded Specimen Test*), dan GSTg (*Grounded Specimen Test with guard*) (PT. PLN Persero 2006), dan yang terakhir pengujian minyak yaitu untuk mengetahui kondisi minyak masih dalam keadaan baik atau sudah buruk.

2. METODE

2.1 Studi Literatur

Mencari referensi dan mengumpulkan jurnal baik nasional maupun internasional yang ada kaitannya dengan analisa tahanan isolasi pada transformator.

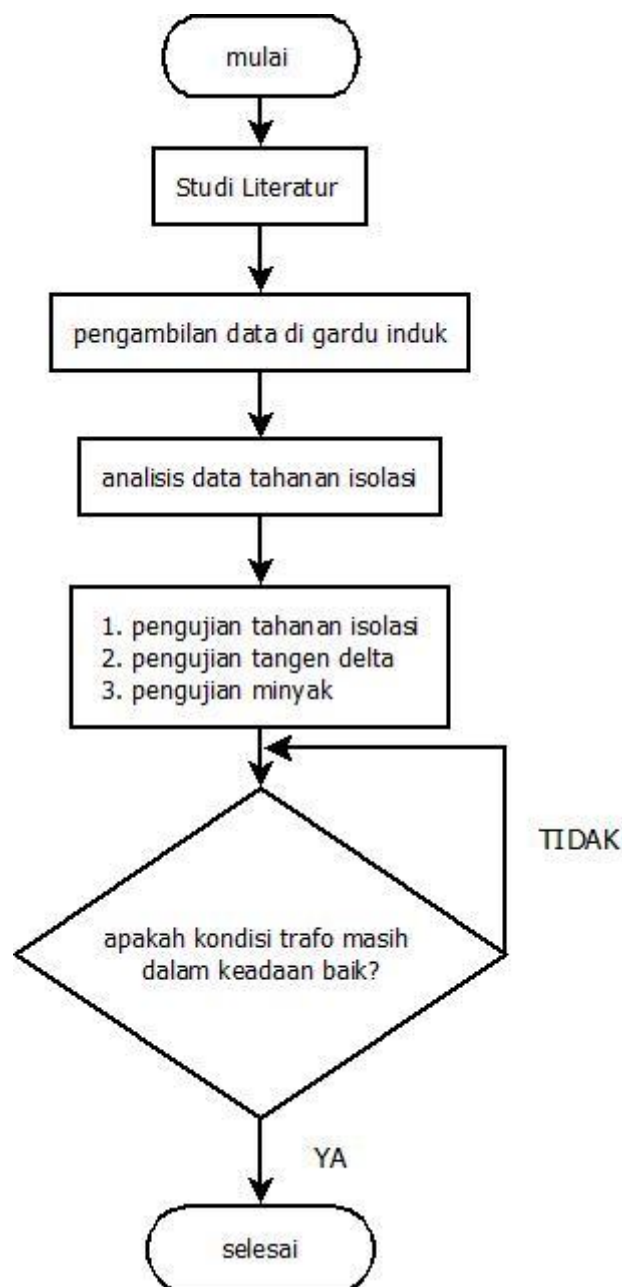
2.2 Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan di Gardu Induk 150 kV Jekulo. Data yang diambil yaitu indeks polarisasi, pengujian tangen delta dan pengujian minyak yang ada hubungannya dengan tahanan isolasi pada transformator.

2.3 Analisis Data

Analisis data dilakukan setelah pengambilan atau pengumpulan data di gardu induk 150 kV Jekulo. Data data yang didapat dianalisis dan mulai menyusun laporan.

2.4 Flowchart Penelitian



Gambar 1. Flowchart penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan ini tentang tahanan isolasi memiliki beberapa pengujian yaitu, indeks polarisasi, pengujian tangen delta dan pengujian minyak yang terdapat pada trafo di gardu induk 150 KV Jekulo.

3.1 Analisa Tahanan Isolasi pada Transformator

Pengukuran tahanan isolasi belitan adalah pengukuran yang dilakukan dari isolasi antar konduktor belitan dan inti besi pada trafo (Hargi. 2017). Isolasi berfungsi untuk memisahkan peralatan listrik yang terdapat arus dengan benda yang tidak ada arusnya. Pengujian tahanan isolasi belitan mengacu pada indeks polarisasi dihitung berdasarkan hasil uji resistansi insulasi

(Marques et al., 2017). Adapun tujuan dari pengujian di tahanan isolasi ialah untuk mengetahui trafo masih dalam keadaan baik atau buruk dan agar ada mengetahui kebocoran arus yang terjadi antar belitan. Pengujian indeks polarisasi ialah dengan memberikan tegangan DC dan membandingkan saat pengukuran setelah waktu 10 menit dan menit 1 (Hargi 2017), Pengujian tahanan delta bertujuan untuk mengetahui kondisi karakteristik isolasi telah meburuk atau tidak (Mustafa et., al 2017). Kondisi tahanan delta dapat dihitung juga dengan menghitung nilai *power factor correction*, jika semakin kecil nilainya maka semakin baik begitu juga sebaliknya, dan pengujian kualitas minyak trafo bertujuan untuk minyak masih dalam keadaan baik atau buruk.

3.2 Data pengujian Tahanan Isolasi

1. Nameplate Transformator

Tabel 1. Nameplate Transformator

company	PT PLN P3B JB APP Semarang	Serial Number	005114
Location	GI Jekulo	Special ID	R/S/T
Division	BaseCamp Kudus	Circuit Designation	Trafo 1–60 MVA
Manufactured	Elin	Configuration	Y–Y –D
Yr. Manufactured	2006	Tank Type	SEALED – CONSER
Mfr. Location	China	Class	ONAN / ONAF
Winding Config. (H – L)	Wye – Wye	Coolant	OIL
Winding Config. (H – T)	Wye–Delta	Oil Volume	20 TN
Winding Config. (L – T)	Wye–Delta	Weight	89. 5 TN
Phases	3	BIL	650 kV
kV	150, 20	VA Rating	60 MVA

2. Indeks Polarisasi

Tabel 2. Data indeks polarisasi trafo

No	Aktifitas	Kondisi tahun 2015			Kondisi tahun 2017		
		1 Min	10 Min	IP	1 Min	10 Min	IP
1	Primary - Ground	14,100	19, 600	1,39	13,730	20,500	1,49
2	Secondary - Ground	10,900	16,100	1,47	117,00	16,800	1,43
3	Tertier - Ground	14,900	18,400	1,23	9,040	13,800	1, 53
4	Primary - Secondary	11, 500	17,200	1,49	9,800	16,900	1.73

5	<i>Primary - Tertier</i>	12,200	21,400	1,75	15,900	23,500	1,47
6	<i>Secondary - Tertier</i>	6,660	12,400	1,86	8390	13,400	1,59
7	<i>Primary & secondary - Tertier</i>	6,630	11,300	1,70	94,500	104,000	1,10
8	<i>Primary & Secondary - Ground</i>	8,460	11,700	1,38	48,000	51,500	1,07

Perhitungan indeks polarisasi yaitu:

$$IP = \frac{R_{10}}{R_1} \quad (1)$$

Keterangan:

IP : Indeks Polarisasi

R_{10} : Pengujian pada menit ke 10

R_1 : Pengujian pada menit ke 1

Dari perhitungan diatas dapat dilakukan perhitungan :

Perhitungan *primary - ground*

$$IP = \frac{19,600}{14,100} \\ = 1,39$$

Jadi hasil perhitungan indeks polarisasi *primary - ground* menunjukan masih dalam keadaan baik.

Standar polarisasi trafo yaitu

Tabel 3. Standar indeks polarisasi trafo

Hasil Pengujian	Keterangan
<1,0	Berbahaya
1,0 – 1,1	Jelek
1,1 – 1,25	Dipertanyakan (pengujian tangen delta dan kadar minyak)
1,25 -2,0	Baik
> 2,0	Sangat Baik

3. Pengujian Tangen Delta

Tabel 4. Data pengujian tangen delta

Pengukuran	Tegangan (kV)	Arus Miliampere	Daya (Watts)	$\tan \delta$ (%)	Cap (pF)
CH + CHL	10,002	32,976	0,5450	0,17	10616,9
CH	10,003	10,425	0,2000	0,19	3356,3
CHL(UST)	10,002	22,420	0,2810	0,13	7218,5
CHL	10,002	22,551	0,345	0,15	7260,600
CL + CLT	5,008	44,023	0,7240	0,16	1419,5
CL	5,008	3,486	0,1280	0,37	1123,8
CLT(USG)	5,002	40,540	0,6160	0,15	13069,0
CLT	5,002	40,537	0,596	0,15	13069,0
CT + CHT	2,009	36,056	0,9220	0,26	13067,700
CT	2,008	35,684	0,9370	0,26	11488,4
CHT (UST)	2,007	0,3580	-000,01	-0,28	115,23
CHT	2,007	0,372	-0,015	-0,40	119,900

Keterangan tabel diatas yaitu:

CH : *Capasitance High*

CHL : *Capasitance High Low*

CL : *Capasistance Low*

CT : *Capasistance Tersier*

CHT : *Capasitance High Tersier*

CLT : *Capasistance High Tersier*

Dalam pengukuran tangen delta menggunakan beberapa macam pengukuran, yaitu:

UST : *Ungrounded Specimen Test* (Uji tidak diketanahkan)

GST : *Grounded Speciment Test* (Uji diketanahkan)

GSTg : *Grounded Specimen Test with guard* (Uji terhadap *guard*)

Perhitungan tangen delta menggunakan rumus sebagai berikut:

$$S = \frac{V^2}{Z} \quad (2)$$

$$Z = \frac{V^2}{S} \quad (3)$$

Mencari X_c yaitu rumusnya sebagai berikut:

$$X_c = \frac{V^2}{Q} \quad (4)$$

$$X_c = \frac{1}{\omega C} \quad (5)$$

Dimana rumus X_c menjadi:

$$Q = \frac{V^2}{X_c} \quad (6)$$

$$Q = \frac{V^2}{\frac{1}{\omega C}} \quad (7)$$

$$Q = V^2 \omega C \quad (8)$$

Jadi rumus tangen delta yaitu:

$$\tan \delta = \frac{p}{V^2 \omega C} \quad (9)$$

keterangan :

δ : Delta

P : Daya (Watt)

V : Tegangan (Volt)

C : Capacitance (F)

$$\omega : 2\pi f$$

Jadi perhitungan pada tabel 4 CH + CHL yaitu:

$$P : 0,5450 \text{ Watt}$$

$$V : 10.002 \text{ Volts}$$

$$C : 10616,9 \text{ pF} : 10616,9 \times 10^{-12}$$

$$\omega : 2\pi \times 3,14 \times 50$$

$$\tan \delta = \frac{0,5450}{10.002^2 \times 2\pi \times 3,14 \times 50 \times 10616,9 \times 10^{-12}} \times 100\%$$

$$= 0,16 \%$$

Tabel 5. Standar pengujian tangen delta

Hasil Uji	Keterangan
<0,5 %	Baik
0,5% -0,7 %	Mengalami Pemburukan
>1,0 %	Buruk

Jadi pada pengujian tangen delta dengan rata rata yang masih dibawah 0,5% dari standar pengujian tangen delta menyatakan masih dalam keadaan baik.

4. Pengujian Minyak

Pengujian minyak yang dilakukan di gardu induk 150 kV Jekulo melakukan test sebanyak 6 kali.

Tabel 6. Data uji tegangan tembus minyak

Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5	Test 6	Rata rata
78,3 kV	78,2 kV	78,4 kV	78,0 kV	78,3 kV	78,3 kV	78,3 kV

Tabel 7. Standar pengujian tegangan tembus minyak

Tegangan	Bagus	Cukup	Buruk
500 kV	>60 kV	50–60 kV	<50 kV
150 kV	>50 kV	40 –50 kV	< 40 kV
70 kV	>40 kV	30 –40 kV	< 30kV

Tabel 8. Pengujian minyak OLTC (*On Load Tap Changer*):

Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5	Test 6	Rata rata
80,1 kV	80,1 kV	80,2 kV	80,2 kV	80,2 kV	80,1 kV	80,1 kV

Tabel 9. standar pengujian minyak OLTC menurut IEC 60422

Bagus	Cukup	Buruk
>40 kV	40 kV	<40 kV

Jadi pada pengujian tegangan tembus minyak melalui pengujian BDV (*Break Down Voltage*). Hasil pengujian yang dilakukan selama 6 kali memiliki rata rata 78,3 kV. Dengan ini pengujian tegangan tembus masih dalam baik. Pengujian minyak OLTC juga dilakukan selama 6 kali dengan memiliki rata rata 80,1 kV yang menunjukkan minyak OLTC masih bagus tidak perlu adanya pergantian. Minyak yang masih bagus biasanya berwarna jernih sedangkan yang sudah buruk atau perlu pergantian berwarna coklat atau sudah keruh.

4. PENUTUP

Hasil dari pengujian tahanan isolasi pada Gardu Induk 150 kV Jekulo dapat disimpulkan:

1. Pada hasil pengujian diatas transformator 1 pada Gardu Induk 150 kV Jekulo masih bagus atau masih layak tidak perlu dilakukan pemeliharaan maupun perbaikan
2. Pada data indeks polarisasi rata rata 1,25 - 2,0 masih dalam keadaan baik
3. Hasil pengujian tangen delta menyatakan masih dalam keadaan baik dibawah 0,5 %
4. Pada hasil pengujian minyak trafo memiliki rata rata 78,3 kV masih dalam keadaan baik juga dan untuk minyak OLTC (*On Load Tap Changer*) memiliki rata rata 80,1 kV masih dalam keadaan baik. Kondisi minyak yang masih bagus memiliki warna yang bening sedangkan minyak yang perlu diganti ialah yang telah berwarna coklat dan keruh.

5. PERSANTUNAN

Dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada pihak yang telah membantu untuk menyelesaikan tugas akhir yaitu:

1. Allah S.W.T yang telah memberikan rahmat, hidayah, serta taufiqnya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan lancar.
2. Terima kasih orang tua saya Bapak Sulhadiyanto dan Ibu Kunarti yang selalu memberikan semangat, motivasi dan selalu mendoakan saya.
3. Terima kasih kepada kakak saya Wiwid Hadi Prayogo dan Diah Sari Nurul Anggraeni yang selalu memberikan semangat.
4. Terima Kasih kepada Bapak Aris Budiman., S.T., M.T selaku pembimbing tugas akhir
5. Terima Kasih kepada Sri Indah, Khairunnisa Sekar dan Dewi Aryani, Nindya Kaloka, Dian yang selalu memberi semangat dan membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini
6. Terima kasih kepada Bapak Feby selaku supervisor Gardu Induk 150 KV Jekulo yang telah membantu penulis dalam pengambilan data.

7. Terima kasih kepada teman teman teknik elektro angkatan 2015

DAFTAR PUSTAKA

- Persero, PT PLN. (2006) *buku pelatihan (o&m) Transformator Tenaga Semarang*.
- Singh, Shrikant., Ambuj, Kumar., R.K Jarial & Sunil Kumar. (2015). *Dielectric response analysis and diagnosis of oil filled power transformers*. 978 - 1- 4678 -6503 – 1/15 IEEE.
- Fatra, Deni (2014). *Studi Penggunaan Rele Differensial sebagai Proteksi Transformator Daya di Gardu Induk Bukit Siguntang Tragi Boombaru UPT Palembang PT. PLN (Persero). Tugas Akhir, Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang*.
- Hargi (2017). *Presentasi Pengujian Trafo*. Yogyakarta : Basecamp Yogyakarta.
- André P. Marques, dkk. (2017) *litera Insulation Resistance of Power Transformers*. IEEE International Conference Electrics Liquids (ICDL).
- A. R. Demmassabu, dkk. (2014). *Analisa kegagalan transformator daya berdasarkan hasil uji dga dengan metode tdcg, key gas, roger's ratio, duval's triangle pada gardu induk*. ISSN2301-8402. e-Jurnal Teknik Elektro dan Komputer.